

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH LEBAR CELAH RELATIF PADA *HANGING SHEET PILE BREAKWATER* AKIBAT GELOMBANG TIDAK BERATURAN (*IRREGULAR WAVE*)

Chairul Paotonan¹⁾, Wahyu Sakinah Kasim²⁾, dan Achmad Yasir Baeda¹⁾

¹⁾Dosen Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

²⁾Alumni Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: paotonan.ch@yahoo.com

Abstrak

Breakwater adalah bangunan pantai yang didesain berada di sepanjang garis pantai untuk menanggulangi abrasi yang terjadi akibat aktivitas gelombang laut. Namun, *breakwater* yang digunakan hingga saat ini konstruksinya menjadi sangat besar, akibatnya harga yang dikeluarkan juga sangat mahal. Salah satu solusi yang dapat dikembangkan untuk menggantikan tipe *breakwater* konvensional tersebut adalah *hanging sheet pile breakwater*. Parameter penting kaitannya dengan kinerja struktur *hanging sheet pile breakwater* adalah besarnya nilai koefisien transmisi (K_t). Gelombang uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *irregular wave*. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh parameter gelombang yaitu tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) dan parameter struktur lebar celah (b) terhadap berbagai variasi spektrum gelombang *irregular* yang merambat melalui struktur *breakwater*. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Kelautan Universitas Hasanuddin. Untuk memperoleh tujuan yang ditetapkan, maka dalam penelitian ini dilakukan variasi tinggi gelombang (H) sebanyak 5 variasi, periode gelombang (T) 5 variasi, lebar celah bangunan (b) 5 variasi dan jenis spektrum gelombang yang digunakan adalah spektrum gelombang JONSWAP. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh terhadap nilai koefisien transmisi (K_t) pada *sheet pile breakwater* adalah tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), kecuraman gelombang (H_i/gT^2) dan variasi lebar celah struktur model itu sendiri.

Kata Kunci: *Breakwater, sheet pile, koefisien transmisi*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki daerah pantai yang cukup panjang, sekitar 81.000 km dan berada pada urutan kedua di dunia setelah Kanada (Triatmodjo, 1999). Indonesia yang terdiri dari provinsi kepulauan yang relatif banyak sehingga diperlukan konektivitas antar pulau berupa pelabuhan laut. Sebagian besar pelabuhan laut ini didesain dengan pemecah gelombang (*breakwater*). Efektivitas dari struktur pemecah gelombang dalam melindungi daerah perairan pantai dan pelabuhan dapat dilihat dari seberapa besar energi gelombang yang dapat diredam oleh bangunan tersebut. Dalam penelitian ini kinerja penahan gelombang akan dilihat dari besar nilai transmisi gelombang (K_t). Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya terkait berbagai tipe macam *pile breakwater* yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini. Diantaranya Herbich dan Douglas (1989) melakukan penelitian dengan melakukan kajian terhadap pemecah gelombang tiang silinder vertikal yang dibuat dua baris pada arah perambatan gelombang. Hasil yang diperoleh dari pemecah gelombang silinder vertikal dua baris dibandingkan dengan pemecah gelombang tiang silinder vertikal satu baris. Herbich dan Douglas melaporkan bahwa pemecah gelombang silinder vertikal dua baris dapat mereduksi 15% gelombang transmisi untuk nilai $b/D = 0,2$, dimana b adalah jarak antar celah silinder sedangkan D adalah diameter silinder. Untuk nilai $b/D = 0,1$, pemecah gelombang dengan dua baris silinder vertikal dapat mereduksi tinggi gelombang transmisi sebesar 10%. Herbich dan Douglas juga meneliti pengaruh periode gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dan melaporkan bahwa gelombang transmisi meningkat dengan adanya peningkatan rasio kedalaman air terhadap tinggi gelombang (d/H) dan gelombang transmisi menurun seiring peningkatan nilai kecuraman gelombang (rasio antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang, H/L). Kukano dan Liu (1993) meneliti penyebaran gelombang melalui tiang silinder vertikal satu baris melalui pengembangan teoritik untuk menyelesaikan efek penyebaran tiang silinder vertikal terhadap gelombang dengan memodelkan aliran di sekitar silinder vertikal. Kukano dan Liu mempertimbangkan disipasi energi

diantara tiang silinder yang terdiri dari dua bentuk tiang yaitu bentuk empat persegi panjang dan tiang bulat. Kukano dan Liu melaporkan bahwa hasil penelitiannya dapat dipercaya untuk kasus-kasus tertentu sehingga dibutuhkan penelitian lanjutan dengan memvariasikan bentuk tiang vertikal dan karakteristik gelombang. Mani dan Jayakumar (1995) meneliti transmisi gelombang pada tiang silinder menggantung satu baris.

Paotonan (2015) melakukan penelitian terkait pemecah gelombang tipe *pilecap* melalui pendekatan analitik untuk mendapatkan besarnya tinggi gelombang yang melewati pemecah gelombang yang direpresentasikan oleh nilai koefisien transmisi. Dalam penelitian ini pula disampaikan bahwa biaya pembangunan pemecah gelombang tipe *pilecap* jauh lebih murah dibandingkan pemecah gelombang konvensional. Penghematan biaya investasi dapat mencapai 72% lebih dibandingkan pemecah gelombang tipe konvensional. Paotonan dan Suyatno (2017) melakukan penelitian tentang tegangan dan deformasi pada pemecah gelombang *sheet pile* dengan cara memvariasikan lebar celah antar *sheet pile* dan parameter gelombang konstan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS. Paotonan dan Suyatno melaporkan bahwa semakin besar lebar celah antar *sheet pile* maka gaya, tegangan dan deformasi yang terjadi semakin kecil. Semakin besar tegangan maka deformasi yang terjadi semakin besar pula dengan hubungan yang tidak linier. Penelitian sebelumnya belum secara spesifik mengkaji transmisi gelombang pada pemecah gelombang tipe *hanging sheet pile*. Oleh sebab itu dalam penelitian ini difokuskan untuk meneliti pengaruh kecuraman gelombang (H_i/gT^2) dan lebar celah relatif (b/D) pemecah gelombang tipe *sheet pile* terhadap koefisien transmisi gelombang (K_t).

LANDASAN TEORI

Gelombang laut memiliki kurva berupa dan pergerakan gelombang yang khas. Kurva gelombang tidak berbentuk garis rata namun merupakan kurva, masing-masing kurva gelombang membentuk karakteristik khas pada panjang, tinggi, periode dan kecepatan gelombang masing-masing gelombang. Gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam. Pada gelombang acak tidak dapat dikenali suatu pola yang spesifik, sehingga parameter gelombang didefinisikan dengan memakai besaran-besaran statistik seperti $H_{1/3}$ dan $T_{1/3}$. Beberapa jenis spektrum gelombang yang sering digunakan adalah spektrum gelombang JONSWAP. Dimana pada spektrum JONSWAP sendiri memiliki lima parameter, namun hanya dua saja yang umum didapatkan dalam menggunakan metode ini yaitu frekuensi awal serta tinggi gelombang signifikan. Formulasinya dapat ditulis sebagai berikut.

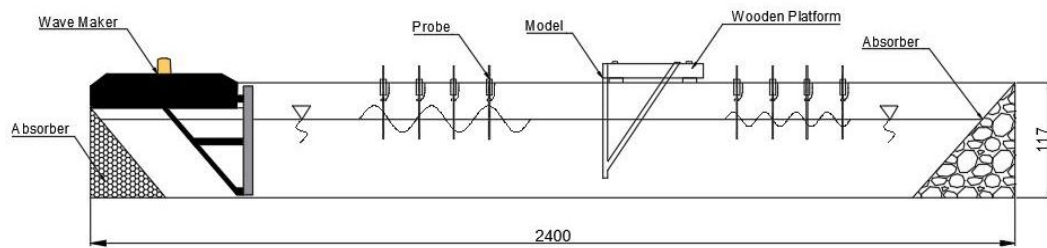
$$S^+_w = \frac{ag^2}{w^5} e^{-\frac{5}{4} \left(\frac{wm}{w} \right)^4} \gamma^\delta \quad (1)$$

Dalam analisa spektrum energi gelombang diperlukan data pencatatan gelombang selama 15-20 menit. Prinsip analisa spektrum gelombang adalah menguraikan suatu gelombang *irregular* menjadi susunan dari gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang (Yuwono, 1982). Selain itu transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati struktur penahan gelombang (CERC, 1984). Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i). Semakin kecil reduksi gelombang yang dihasilkan maka makin besar koefisien transmisi yang terjadi.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin melalui eksperimen laboratorium. Pembangkit gelombang yang digunakan adalah *piston type wave maker* yang terdiri dari aktuator dan penggerak elektrik. Spesifikasi *wave flume* sebagai berikut: panjang 24 meter, lebar dan tinggi saluran gelombang masing-masing adalah 1 meter dan 1,22 meter. Model diletakkan di dalam *wave flume* dan diperkuat dengan landasan kayu dan besi. Sketsa dan peletakan model di dalam *wave flume* dapat dilihat pada gambar berikut. Kedalaman air yang digunakan adalah $d = 0,6$ m. Periode gelombang (T) divariasi sebanyak 5 kali yaitu 0,8 detik, 1,2 detik, 1,6 detik, 2 detik dan 2,4 detik. Sedangkan tinggi gelombang (H) divariasi sebanyak 5 kali tiap perubahan periode (T) diatas, yaitu 0,032 m, 0,064 m, 0,096 m, 0,128 m dan 0,160 m. Variasi lebar celah *hanging sheet pile* ditetapkan $b_1 = 0,005$ m, $b_2 = 0,003$ dan $b_3 = 0,001$ atau lebar celah relatif (b/d) terdiri dari 0,1; 0,06; dan 0,02. Besar sarat model terhadap dasar kolam pengujian ditetapkan sebesar 0,45 m.



Gambar 1. Sketsa model di dalam *flume*



Gambar 2. Penempatan model di dalam *flume*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan memvariasikan tinggi gelombang H , periode gelombang T pada kedalaman air 0,60 m, dan memvariasikan lebar celah relatif struktur (b) yang tercelup ke dalam air serta menetapkan besar sarat struktur yang terendam di dalam air, $s = 0,45$ m, selanjutnya mengukur tinggi gelombang di depan dan di belakang model pemecah gelombang *sheet pile*, sehingga tinggi gelombang datang H_i dan tinggi gelombang transmisi H_t dapat dihitung. Jumlah *probe* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 *probe* di depan model dan 4 *probe* di belakang model. Tinggi gelombang datang di depan model H_i dihitung dengan menggunakan data pada *probe* yang diletakkan di depan model. Sedangkan tinggi gelombang transmisi H_t dihitung dengan menggunakan data pada *probe* yang diletakkan di belakang model. Adapun rumus untuk menghitung H_i dan H_t adalah sebagai berikut.

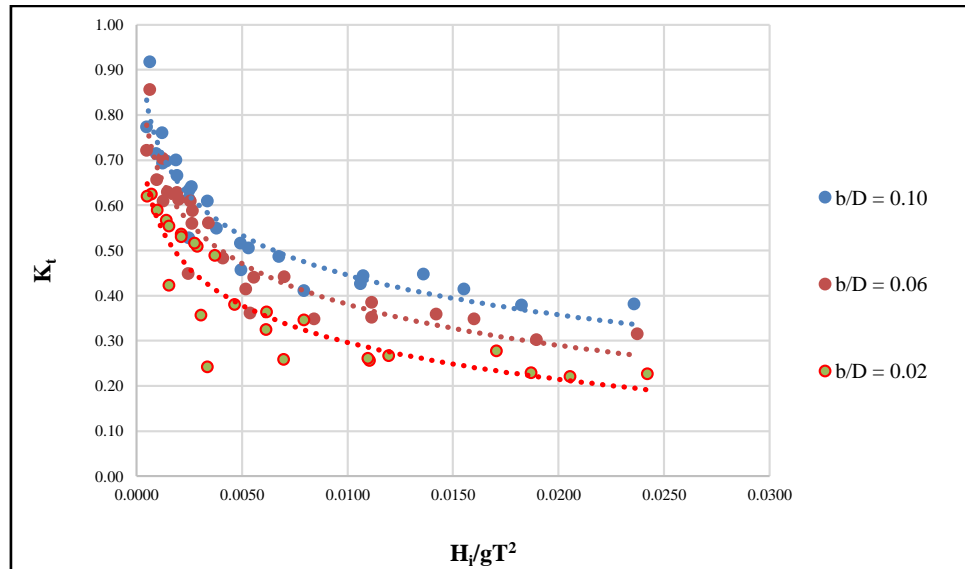
$$H_i = \left[\frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \right]_{\text{Depan}} \quad (3)$$

$$H_t = \left[\frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \right]_{\text{Belakang}} \quad (4)$$

Dengan diketahuinya H_i dan H_t , maka nilai K_t dapat dihitung. Berdasarkan data tinggi gelombang datang, tinggi gelombang transmisi, periode gelombang dan lebar celah struktur serta kedalaman air maka kecuraman gelombang, H_i/gT^2 dan lebar celah relatif (b/d) dapat dihitung. Dengan menggunakan kedua nilai parameter non-dimensional tersebut maka nilai K_t disajikan dalam bentuk grafik. Adapun pengaruh H_i/gT^2 terhadap nilai K_t dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa hubungan lebar celah relatif (b) dan lebar model (D) sebagai bilangan tak berdimensi b/D terhadap nilai K_t . Dimana semakin kecil nilai b/D maka akan semakin besar trend penurunan nilai K_t . Hal ini dapat dilihat pada nilai b/D 0,02 memberikan trend nilai K_t yang paling kecil dibandingkan dengan nilai b/D 0,06 dan b/D 0,10. Untuk grafik pada sarat 0,45 m dengan b/D 0,02 rentang nilai K_t berkisar antara 0,65–0,20, rentang nilai K_t untuk b/D 0,06 berkisar antara 0,78–0,27, dan untuk b/D 0,10 rentang nilai K_t berkisar antara 0,85–0,33. Penurunan nilai K_t dan mengecilnya nilai b/D signifikan pada rentang $H_i/gT^2 < 0,005$,

setelahnya pada rentang $0,005 < H_i/gT^2$ pengaruh b/d dan H_i/gT^2 relatif kecil. Kejadian transmisi ini telah terjadi pada pengujian yang telah dilakukan pada model *hanging sheet pile breakwater*. Dimana trend pengujian yang menunjukkan mengecilnya nilai K_t dengan membesarnya nilai H_i/gT^2 dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan gerak partikel air dan hasil interaksinya terhadap struktur di sepanjang aliran.



Gambar 3. Grafik pengaruh H_i/gT^2 terhadap K_t dengan perubahan lebar celah relatif (b/D)

Untuk rentang pertama $H_i/gT^2 < 0,010$ kecuraman gelombang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kejadian transmisi gelombang. Nilai kecuraman gelombang pada periode pengujian 1,6; 2 dan 2,4 seluruhnya berada pada rentang ini, dimana nilai K_t nya bergantung pada besarnya nilai tinggi gelombang datang (H_i). Sedangkan untuk rentang $0,010 < H_i/gT^2 < 0,020$ dengan periode yang relatif kecil (0,8 dan 1,2 detik) maka frekuensi gelombang yang dibangkitkan besar, sehingga gelombang yang mengenai model menjadi semakin banyak dalam satu periode pengujian. Dan untuk rentang $0,020 < H_i/gT^2 < 0,025$ dimana frekuensi gelombang besar akibat periode gelombang yang kecil dan tinggi gelombang yang dibangkitkan besar menyebabkan gelombang yang dibangkitkan akan semakin curam. Sehingga pada rentang ini gelombang yang datang akan banyak tereduksi (dissipasi) baik sebagian maupun seluruhnya akibat ketidakstabilan pergerakan partikel air selama penjarangan gelombang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka berikut ini disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Peredaman energi gelombang melalui struktur *hanging sheet pile breakwater* dipengaruhi oleh lebar celah struktur (b), sarat struktur (s), tinggi gelombang datang (H) dan periode gelombang (T)
2. Semakin besar nilai kecuraman gelombang (H_i/gT^2) dan lebar celah relatif (b/D) semakin kecil nilai koefisien transmisi gelombang (K_t) dimana pengaruh kecuraman gelombang (H_i/gT^2) terhadap K_t signifikan pada $H_i/gT^2 < 0,005$.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC, 1984, Shore Protection Manual Volume I. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
Herbich, J., and Douglas, B., 1989, Wave Transmission Through A Double Row Pile Breakwater. Coastal Engineering Proceedings, p. 1(21).

- Kakuno, S., and Liu, P., 1993, Scattering of Water Waves by Vertical Cylinders, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 3 (302).
- Mani, J., & Jayakumar, S., 1995, Wave Transmission by Suspended Pipe Breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, pp. 121 (6), 335.
- Paotonan, C., & M.C.S, S., 2017, Stress and Deformation of Sheet Pile Breakwater. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Unhas ke-3*.
- Paotonan, C., 2017, Pendekatan Analitis Gelombang Melalui Pemecah Gelombang Tipe Pilecap, *Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset: Yogyakarta.
- Wiegel, 1960, *Transmission of Waves A Rigid Vertical Thin Barrier*, Coastal Engineering.
- Yuwono, N., 1982, *Teknik Pantai, Teknik Sipil UGM*: Yogyakarta.